

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-229271

(P2000-229271A)

(43)公開日 平成12年8月22日 (2000.8.22)

(51)Int.Cl.  
B 08 B 3/12  
3/10  
B 41 F 35/00  
B 41 J 2/16

識別記号

F I  
B 08 B 3/12  
3/10  
B 41 F 35/00  
B 41 J 3/04

ターミー(参考)  
A 2 C 0 5 7  
Z 2 C 2 5 0  
D 3 B 2 0 1  
1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数16 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-28321

(22)出願日 平成11年2月5日 (1999.2.5)

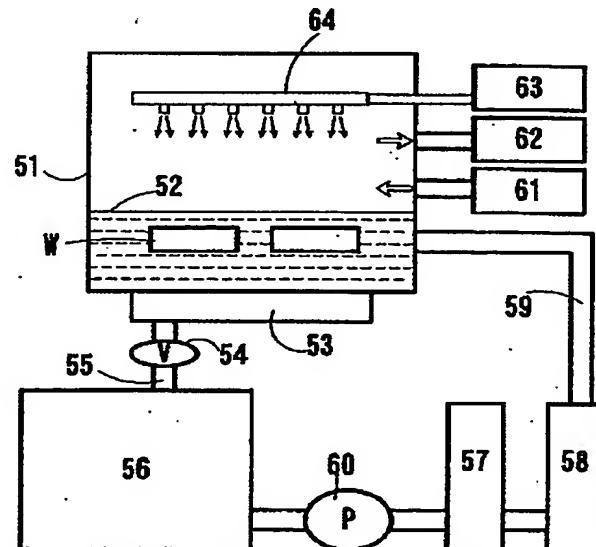
(71)出願人 000005267  
プラザー工業株式会社  
愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号  
(72)発明者 丸山 英雄  
名古屋市瑞穂区苗代町15番1号プラザー工  
業株式会社内  
(72)発明者 山中 錠裕  
名古屋市瑞穂区苗代町15番1号プラザー工  
業株式会社内  
Fターム(参考) 20057 AG45 AP43 BA03 BA14  
2C250 FA17 FB05 FB23  
3B201 AA47 AB42 BB02 BB03 BB22  
BB33 BB82 BB83 BB92 CB12  
CC01 CD11

(54)【発明の名称】 洗浄方法および洗浄装置並びにインクジェットヘッドの製造方法

(57)【要約】

【課題】 アクペクト比の高い溝内の異物を十分に除去することができる洗浄方法および洗浄装置を提案するとともに、該洗浄方法を使用して信頼性の高いインクジェットヘッドの製造方法を提案する。

【解決手段】 インクジェットヘッドのようなアスペクト比の高い溝を有する被洗浄物Wを、洗浄液52に浸漬した状態で減圧下に置くことで、洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の溝に残留した気泡を排出して溝全体に洗浄液を行き渡らせる。この状態で、まず超音波振動を印加することによって、溝内の異物を除去する。さらに、被洗浄物を加熱するとともに減圧下に置くことで、被洗浄物の溝内に残留した洗浄液に突沸を起こさせ、その突沸の力によって、超音波振動が届きにくい溝内の異物も除去する。その後、被洗浄物にノズル板を、溝にノズル孔を対応させて接着する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被洗浄物を洗浄液に浸漬し、該洗浄液に超音波振動を印加する第1の工程と、  
第1の工程の後、被洗浄物のまわりから洗浄液を除き、  
被洗浄物を加熱する第2の工程と、  
第2の工程の後、被洗浄物を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程とからなることを特徴とする洗浄方法。

【請求項2】 請求項1において、さらに、前記第1の工程の前に、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で減圧下に置く工程を有することを特徴とする洗浄方法。

【請求項3】 被洗浄物を洗浄液に浸漬するとともに減圧下に置く第1の工程と、  
第1の工程の後、被洗浄物のまわりから洗浄液を除き、  
被洗浄物を加熱する第2の工程と、  
第2の工程の後、被洗浄物を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程とからなることを特徴とする洗浄方法。

【請求項4】 請求項3において、さらに、前記第1の工程の後で第2の工程の前に、洗浄液に超音波振動を印加する工程を有することを特徴とする洗浄方法。

【請求項5】 請求項1から4のいずれかにおいて、前記第1の工程から第3の工程を繰り返すことを特徴とする洗浄方法。

【請求項6】 請求項1から5のいずれかにおいて、前記被洗浄物は該洗浄物内に微細な溝を有するものであることを特徴とする洗浄方法。

【請求項7】 請求項6において、前記被洗浄物は、複数の溝にインクを収容し該溝からインク滴を噴射して記録を行うインクジェットヘッドであることを特徴とする洗浄方法。

【請求項8】 請求項1から7のいずれかにおいて、前記洗浄液は水であることを特徴とする洗浄方法。

【請求項9】 被洗浄物を浸漬する洗浄液を収容する洗浄槽と、  
該洗浄槽内の洗浄液に印加する超音波振動を発生する超音波振動発生器と、

前記超音波振動により被洗浄物を洗浄後、前記被洗浄物のまわりから洗浄液を除く除去手段と、

前記洗浄液を除去後、前記洗浄槽内の被洗浄物を加熱する加熱手段と、  
前記被洗浄物を加熱後、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせるように前記洗浄槽内を減圧する減圧手段とを備えることを特徴とする洗浄装置。

【請求項10】 請求項9において、前記減圧手段は、前記洗浄液に超音波振動を印加する前にも、前記洗浄槽内を減圧することを特徴とする洗浄装置。

【請求項11】 被洗浄物を浸漬する洗浄液を収容する洗浄槽と、  
前記被洗浄物のまわりから洗浄液を除く除去手段と、

前記洗浄液を除去後、前記洗浄槽内の被洗浄物を加熱する加熱手段と、  
前記洗浄槽内を減圧する減圧手段とを備え、前記減圧手段は、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で前記洗浄槽内を減圧し、また、被洗浄物を加熱後、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせるように前記洗浄槽内を減圧することを特徴とする洗浄装置。

【請求項12】 請求項11において、さらに、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で該洗浄液に印加する超音波振動を発生する超音波振動発生器を備えることを特徴とする洗浄装置。

【請求項13】 請求項9から12のいずれかにおいて、さらに前記被洗浄物を洗浄液に浸漬させる手段を備え、  
前記洗浄槽内を減圧して洗浄液に突沸を起こさせた後、前記被洗浄物を洗浄液に浸漬させ、洗浄を繰り返すことを特徴とする洗浄装置。

【請求項14】 複数の溝を平行に有するアクチュエータ基板に、該溝のすくなくとも一部のものに対応するノズル孔を有するノズル板を接着したインクジェットヘッドの製造方法において、  
アクチュエータ基板を洗浄液に浸漬し、該洗浄液に超音波振動を印加する第1の工程と、

第1の工程の後、アクチュエータ基板のまわりから洗浄液を除き、アクチュエータ基板を加熱する第2の工程と、  
第2の工程の後、アクチュエータ基板を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程と、

第3の工程の後、アクチュエータ基板に前記ノズル板を接着する第4の工程とからなることを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項15】 複数の溝を平行に有するアクチュエータ基板に、該溝のすくなくとも一部のものに対応するノズル孔を有するノズル板を接着したインクジェットヘッドの製造方法において、  
アクチュエータ基板を洗浄液に浸漬するとともに減圧下に置く第1の工程と、

第1の工程の後、アクチュエータ基板のまわりから洗浄液を除き、アクチュエータ基板を加熱する第2の工程と、  
第2の工程の後、アクチュエータ基板を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程と、

第3の工程の後、アクチュエータ基板に前記ノズル板を接着する第4の工程とからなることを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項16】 請求項14または15において、前記第1の工程の前にさらに、

前記アクチュエータ基板の上面に、溝の長手方向に沿っ

た開放面を覆ってカバー板を接着する第5の工程と、前記溝の一端部における前記アクチュエータ基板および前記カバー板の端面を研削する第6の工程とを有することを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、洗浄方法および洗浄装置並びにインクジェットヘッドの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】インクジェットヘッドの基本的な構成は、圧電素子等によってインクに機械的な圧力を加えたり、あるいは熱的に発生させた圧力をインクに加えるなどして、ノズル孔からインクを吐出させる。このインクジェットヘッドの一例を、図1、図2、図3にもとづいて説明する。

【0003】インクジェットヘッドは、図1に示すように、複数のインク溝21およびその両側にダミー溝22を有するアクチュエータ基板10と、各溝の上面を覆うカバー板30と、インク溝21にインクを分配するマニホールド31と、インク溝21に対応するノズル孔33を有するノズル板32とからなる。

【0004】アクチュエータ基板10は、相互に接着された2枚の剛性のあるチタン酸ジルコン酸鉛系(PZT)、チタン酸鉛系(PT)などの圧電セラミックス材料製の基材11、12からなる。その両基材は、板厚方向においてそれぞれ反対方向に分極されている。なお、基材11、12のいずれか一方のみを圧電材料で構成することも可能である。両基材11、12には、インク溝21およびダミー溝22となる平行な多数の溝が、ダイヤモンドブレード40等によって両基材の厚さ方向にわたって切削加工されている。これにより、インク溝21およびダミー溝22間を隔てる隔壁24は、その高さ方向に、分極方向が反対の圧電材料を重ねた構成となる。

【0005】インク溝21は、図1に示すようにその長手方向(すなわちインク噴射方向)の前後両端をアクチュエータ基板の前後両端に開放して形成され、ダミー溝22は、前端面10aに開放するが、後端面10bにおいて閉塞するように、立ち上げ部23を残して形成されている。インク溝21内の隔壁24側面には図3に示すように第1の電極26aが形成され、ダミー溝22内の隔壁24側面には第2の電極26bが形成される。アクチュエータ基板10の上面10cには、インク溝21およびダミー溝22の長手方向に沿った開放面を覆うカバー板30が接着固定される。

【0006】アクチュエータ基板10の前端面10aおよびカバー板30の前端面30aには、インク溝21と対応するノズル孔33を有するノズル板32が接着固定され、またそれらの後端面には、マニホールド31が接着固定される。

【0007】インクの供給源からマニホールド31に導入されたインクは、インク溝21に供給され、ダミー溝22には、立ち上がり部23によって供給されない。各インク溝内の第1の電極26aを共通の電位例えればアースに接続し、インクを吐出しようとするインク溝21をはさむ両隔壁24、24のダミー溝22側の第2の電極26b、26bに電圧を印加すると、第1および第2電極26a、26b間に圧電材料の分極方向と直角方向の電界が発生し、図3に示すように、隔壁24の上下各部の圧電材料がそれぞれ反対方向に剪断変形して、インク溝21内の容積を拡大する。そして、電圧の印加を停止すると、隔壁24が復帰する際にインク溝内のインクに圧力を加え、インクをノズル孔33から噴射する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前記各溝21、22に電極26a、26bを形成するとき、まずアクチュエータ基板10の全面に、電極となる導電層を無電解メッキ等により付着し、つぎにアクチュエータ基板の上面10cを平面状に研削して、該上面10c上の導電層を除去する。そして該上面10c上にカバー板30を接着し、その後アクチュエータ基板10の前端面10aおよびカバー板30の前端面30aを平面状にそろえるために、両前面10a、30aを平面状に研削すると同時に、該前面10a上の導電層を除去する。これにより、各溝21、22内の電極26a、26bを独立させるとともに、カバー板30およびアクチュエータ基板10の前面の段差をなくし、ノズル板32を接着しやすくなる。

【0009】これらの研削工程や工場での搬送途中で、研削屑やゴミが各溝21、22に入り込む。また、前面10a、30aを研削する際、冷却用の加工液を供給するが、この加工液が残留していると、接着性能が悪くなるため、洗浄して、研削屑やゴミ、加工液などの異物を除去する必要がある。

【0010】一般には超音波洗浄装置を使用して、物品から異物を除去することが行われる。アクチュエータ基板10の上面10cの導電層を研削した後の段階では、上面10cからみた溝のアクペクト比すなわち開口部の大きさに対する深さの比が比較的小さいため、通常の超音波洗浄でも十分に異物を除去することができる。

【0011】しかし、アクチュエータ基板10にカバー板30を接着した後では、前面10a、30aから見た溝のアクペクト比が高くなる(例えば幅が数十μm、深さが約10mm)。特に上記インクジェットヘッドでは、インク溝21は前後両端を開口しているが、ダミー溝22は後端を閉塞しているため、アスペクト比がきわめて高い。したがって、両者の前面を研削した後、洗浄しようとしても、溝に洗浄液が入りにくく、洗浄液が入ったとしても超音波振動が届きにくいため、十分には異物の除去ができなかった。また、研削時の加工液に

は、防錆のための油性成分が含まれており、これが構内に入り込み、洗浄後に残留していると、洗浄液が乾燥蒸発する際に溝の端部に出てきて、膜を張り、接着性能を悪くする。インクジェットヘッドにおいては、この膜がインクの不噴射の原因の一つとなる。さらに、超音波洗浄装置では、洗浄液として一般に有機溶剤を使用するため、作業者に有害な可能性があるとともに、引火等の危険もある。

【0012】本発明は以上の実情に鑑みなされたものであって、異物を十分に除去することができる洗浄方法および洗浄装置を提案するとともに、該洗浄方法を使用して信頼性の高いインクジェットヘッドの製造方法を提案する。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段および発明の効果】上記目的を達成するための本発明の請求項1に係る洗浄方法は、被洗浄物を洗浄液に浸漬し、該洗浄液に超音波振動を印加する第1の工程と、第1の工程の後、被洗浄物のまわりから洗浄液を除き、被洗浄物を加熱する第2の工程と、第2の工程の後、被洗浄物を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程とからなることを特徴とする。

【0014】この発明によれば、まず超音波振動によって被洗浄物の異物を除去し、さらに被洗浄物を加熱するとともに減圧下に置くことで、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせ、その突沸の力によって、超音波振動が届きにくかったところの異物を除去することができる。

【0015】上記方法において好ましくは、さらに、前記第1の工程の前に、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で減圧下に置く工程を設けることで、洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の細部に残留した気泡を排出して細部まで洗浄液を行き渡らせ、前記超音波振動および突沸による洗浄効果を高めることができる。

【0016】請求項3に係る洗浄方法は、被洗浄物を洗浄液に浸漬するとともに減圧下に置く第1の工程と、第1の工程の後、被洗浄物のまわりから洗浄液を除き、被洗浄物を加熱する第2の工程と、第2の工程の後、被洗浄物を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程とからなることを特徴とする。この発明によれば、まず洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の細部に残留した気泡を排出して細部まで洗浄液を行き渡らせ、その後、被洗浄物を加熱するとともに減圧下に置くことで、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせ、その突沸の力によって細部の異物を除去することができる。

【0017】上記方法において好ましくは、さらに、前記第1の工程の後で第2の工程の前に、洗浄液に超音波振動を印加する工程を設けることで、被洗浄物の細部まで行き渡った洗浄液によって超音波洗浄を効果的に達成

し、さらに前述の突沸によって超音波振動が届きにくかったところの異物を除去することができる。

【0018】上記各方法において好ましくは、前記第1の工程から第3の工程を繰り返すことで、より完全な洗浄を達成することができる。

【0019】上記各方法は、微細な溝を有する被洗浄物において好適であり、微細な溝内の異物を効果的に除去することができる。特に、インクジェットヘッドのように複数の溝を有するインクジェットヘッドの製造過程における洗浄に好適である。

【0020】また、上記各方法において好ましくは、洗浄液として水を用いることで、突沸を有効に利用して効果的な洗浄を行うことができる。特に、従来の有機溶剤を用いる場合のように、安全性等の問題が生じることがない。

【0021】請求項9に係る洗浄装置は、被洗浄物を浸漬する洗浄液を収容する洗浄槽と、該洗浄槽内の洗浄液に印加する超音波振動を発生する超音波振動発生器と、前記超音波振動により被洗浄物を洗浄後、前記被洗浄物のまわりから洗浄液を除く除去手段と、前記洗浄液を除去後、前記洗浄槽内の被洗浄物を加熱する加熱手段と、前記被洗浄物を加熱後、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせるように前記洗浄槽内を減圧する減圧手段とを備えることを特徴とする。

【0022】この発明によれば、請求項1の方法と同様に、まず超音波振動によって被洗浄物の異物を除去し、さらに突沸の力によって超音波振動が届きにくかったところの異物を除去することができる。

【0023】上記装置において好ましくは、洗浄液に超音波振動を印加する前にも、前記洗浄槽内を減圧することで、洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の細部に残留した気泡を排出して細部まで洗浄液を行き渡らせ、前記超音波振動および突沸による洗浄効果を高めることができる。請求項11に係る洗浄装置は、被洗浄物を浸漬する洗浄液を収容する洗浄槽と、前記被洗浄物のまわりから洗浄液を除く除去手段と、前記洗浄液を除去後、前記洗浄槽内の被洗浄物を加熱する加熱手段と、前記洗浄槽内を減圧する減圧手段とを備え、前記減圧手段は、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で前記洗浄槽内を減圧し、また、被洗浄物を加熱後、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせるように前記洗浄槽内を減圧する構成とする。この発明によれば、請求項3の方法と同様に、まず洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の細部に残留した気泡を排出して細部まで洗浄液を行き渡らせ、その後、突沸の力によって細部の異物を効果的に除去することができる。

【0024】上記方法において好ましくは、さらに、被洗浄物を洗浄液に浸漬した状態で洗浄液に超音波振動を印加することで、被洗浄物の細部まで行き渡った洗浄液によって超音波洗浄を効果的に達成し、さらに前述の突

沸によって超音波振動が届きにくかったところの異物を除去することができる。

【0025】上記各方法において好ましくは、さらに前記被洗浄物を洗浄液に浸漬させる手段を備え、前記洗浄槽内を減圧して洗浄液に突沸を起こさせた後、前記被洗浄物を洗浄液に浸漬させ、洗浄を繰り返すことで、より完全な洗浄を達成することができる。

【0026】請求項14に係る発明は、複数の溝を平行に有するアクチュエータ基板に、該溝のすくなくとも一部のものに対応するノズル孔を有するノズル板を接着したインクジェットヘッドの製造方法において、アクチュエータ基板を洗浄液に浸漬し、該洗浄液に超音波振動を印加する第1の工程と、第1の工程の後、アクチュエータ基板のまわりから洗浄液を除き、アクチュエータ基板を加熱する第2の工程と、第2の工程の後、アクチュエータ基板を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程と、第3の工程の後、アクチュエータ基板に前記ノズル板を接着する第4の工程とからなることを特徴とする。

【0027】この発明によれば、まず超音波振動によってアクチュエータ基板特にその溝内の異物を除去し、さらにアクチュエータ基板を加熱するとともに減圧下に置くことで、溝内に残留した洗浄液に突沸をさせ、その突沸の力によって、超音波振動が届きにくかった溝奥の異物を除去することができる。なお、請求項2の方法と同様に、アクチュエータ基板を洗浄液に浸漬した状態で減圧すれば、一層洗浄効果が高まる。その後、ノズル板を接着することで、異物による噴射不良の少ない、つまり信頼性の高いインクジェットヘッドを製造することができる。

【0028】請求項15に係る発明は、複数の溝を平行に有するアクチュエータ基板に、該溝のすくなくとも一部のものに対応するノズル孔を有するノズル板を接着したインクジェットヘッドの製造方法において、アクチュエータ基板を洗浄液に浸漬するとともに減圧下に置く第1の工程と、第1の工程の後、アクチュエータ基板のまわりから洗浄液を除き、アクチュエータ基板を加熱する第2の工程と、第2の工程の後、アクチュエータ基板を減圧下に置き、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせる第3の工程と、第3の工程の後、アクチュエータ基板に前記ノズル板を接着する第4の工程とからなることを特徴とする。

【0029】この発明によれば、まず洗浄液の内外の圧力差で、アクチュエータ基板の細部特に溝に残留した気泡を排出して溝内全体に洗浄液を行き渡らせ、その後、被洗浄物を加熱するとともに減圧下に置くことで、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸をさせ、その突沸の力によって溝の異物を除去することができる。なお、請求項4の方法と同様に、超音波振動を併用すれば、一層洗浄効果が高まる。その後、ノズル板を接着すること

で、異物による噴射不良の少ない、つまり信頼性の高いインクジェットヘッドを製造することができる。

【0030】前記第1の工程の前にさらに、前記アクチュエータ基板の上面に、溝の長手方向に沿った開放面を覆ってカバー板を接着し、前記溝の一端部における前記アクチュエータ基板および前記カバー板の端面を研削するものにおいては、溝のアスペクト比がきわめて高いが、溝内に入り込んだ研削屑や、研削時の加工液を前述の工程からなる洗浄を行うことによって、容易に除去することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施形態について説明する。なお、本実施形態にかかるインクジェットヘッドが、アクチュエータ基板10、カバー板30、マニホールド31、ノズル板32などから構成されることは、従来のものと同様であり、従来の構成および製造方法と同じところについてはその詳しい説明を省略する。

【0032】図4は洗浄装置の概略構成を示すもので、被洗浄物Wすなわちアクチュエータ基板10にカバー板30を接着したものは、洗浄液52を収容する洗浄槽51内に、支持具(図示せず)に支持され洗浄液52に浸漬されて収容される。洗浄槽51の底部には、洗浄液52に超音波振動を印加する超音波振動発生器53が設けられている。また、洗浄槽の底部は、開閉可能なバルブ54を有する排出管55を介して貯留槽56に接続され、バルブ54の開放により洗浄槽内の洗浄液52を貯留槽56に排出することができる。

【0033】貯留槽56は、ポンプ60、フィルタ57、58をとおる環流路59を介して洗浄槽51に接続され、ポンプ60の駆動により貯留槽内の洗浄液を、フィルタ57(例えばメッシュ約10μm)、フィルタ58(例えばメッシュ約1μm)の2段で濾過して、洗浄槽51に環流させる。

【0034】洗浄槽51の洗浄液面よりも上方には、熱風発生装置61、減圧発生装置62がそれぞれ導管を介して接続され、また、洗浄液供給装置63が多数の散液口を有する散液管64に接続されている。散液管64は被洗浄物Wの上方に位置し、洗浄液供給装置63から供給した洗浄液を被洗浄物Wにシャワー状に供給する。

【0035】洗浄液52としては、純水を使用することが望ましい。

【0036】超音波振動発生器53、バルブ54、ポンプ60、熱風発生装置61、減圧発生装置62および洗浄液供給装置63は、図示しない制御装置に接続され、以下の一連の洗浄作業を遂行する。図5～図10はその洗浄過程の説明図である。

【0037】まず洗浄槽51に所定量の洗浄液52を充填し、被洗浄物Wをその洗浄液52に浸漬する。この状態では、図5のように、被洗浄物Wのインク溝21、ダ

ミー溝22には、異物Bが残留しているとともに、洗浄液が入りきれなかったところに気泡Aが残る。この状態で、減圧装置62を駆動して、洗浄槽51の上方空間を真空化し減圧すると、上方空間と洗浄液内との圧力差で、気泡Aは浮上し、図6のように両溝21、22の奥まで洗浄液が満たされる。

【0038】その後、図7のように、超音波振動発生器53を駆動して、洗浄液52に超音波振動を印加すると、溝21、22内の異物が除去される。超音波洗浄後、バルブ54を開放して洗浄液52を貯留槽56に排出し、図8のように被洗浄物Wのまわりの洗浄液を除くが、溝21、22内には洗浄液が残留している。この状態で、熱風発生装置61を駆動して被洗浄物Wを加熱する。洗浄槽51内に供給する熱風の温度は100℃～120℃である。そして、減圧装置62を駆動して、洗浄槽51内を例えば約30mTorfまで減圧すると、図9のように、溝21、22内の温まっている洗浄液は容易に沸騰、いわゆる突沸して、その際の気泡Cの膨張により溝21、22内の異物Bが放出される。

【0039】上記洗浄作業によっても、図10のようにまだ異物Bが残留している場合は、ポンプ60を駆動して貯留槽56内の洗浄液52を洗浄槽51内に供給し、上記工程を繰り返す。洗浄完了後は、洗浄液供給装置63を駆動して散液管64から新しい洗浄液を、被洗浄物Wにシャワー状に振りかける。

【0040】なお、上記説明では、超音波洗浄後、洗浄液を洗浄槽51から排出することにより、被洗浄物Wのまわりに洗浄液のない状態にしたが、被洗浄物Wを支持する支持具(図示しない)を洗浄液の液面よりも上へ移動するようにしてもよい。この場合、支持具を被洗浄物Wとともに洗浄液内に下降させることで、再度洗浄作業を繰り返すことができる。

【0041】以上のように上記構成によれば、被洗浄物Wを洗浄液52に浸漬した状態で減圧下に置くことで、洗浄液の内外の圧力差で、被洗浄物の溝21、22に残留した気泡を排出して溝全体に洗浄液を行き渡らせることができる。この状態で、超音波振動を印加することによって、溝内の異物を効果的に除去することができる。さらに、被洗浄物を加熱するとともに減圧下に置くことで、被洗浄物内に残留した洗浄液に突沸を起こさせ、その突沸の力によって、超音波振動が届きにくいアクペクト比の高い溝内の異物も除去することができる。そして、必要に応じてこれらの作業を繰り返すことで、ほぼ\*

\*完全な洗浄を達成することができるものである。また、この作業において、洗浄液として水を使用することで、上記のように突沸を発生して効果的な洗浄を行うことができるとともに、有機溶剤のような安全性に問題が生じることもない。

【0042】したがって、アクチュエータ基板10とカバー板30の前端面を研削した際に、溝21、22内に入り込んだ研削屑やゴミ、研削時の冷却用の加工液等はほぼ完全に除去され、ノズル板32を良好に接着することができる。また、研削屑やゴミが溝を閉塞させたり、加工液が膜を張ることもなく、信頼性の高いインクジェットヘッドを製造することができる。

【0043】なお、上記実施の形態は、アクチュエータ基板10にカバー板30を接着した後の洗浄について説明したが、カバー板30を接着する前のアクチュエータ基板単体の洗浄に適用してもよい。また、インクジェットヘッド以外の物品の洗浄に適用することができることはいうまでもない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用するインクジェットヘッドを示す分解斜視図である。

【図2】インクジェットヘッドの一部水平断面図である。

【図3】インクジェットヘッドを溝に直角に切断した拡大断面図である。

【図4】本発明の実施形態にかかる洗浄装置を示す断面図である。

【図5】洗浄過程を示す説明図である。

【図6】洗浄過程を示す説明図である。

【図7】洗浄過程を示す説明図である。

【図8】洗浄過程を示す説明図である。

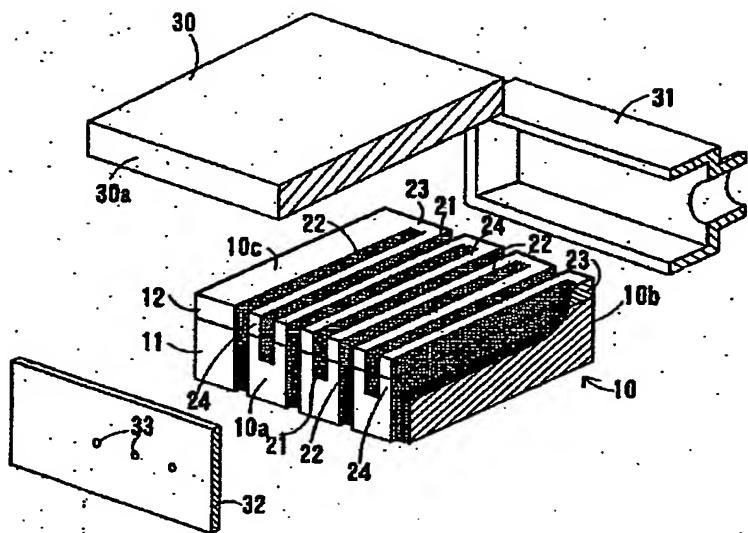
【図9】洗浄過程を示す説明図である。

【図10】洗浄過程を示す説明図である。

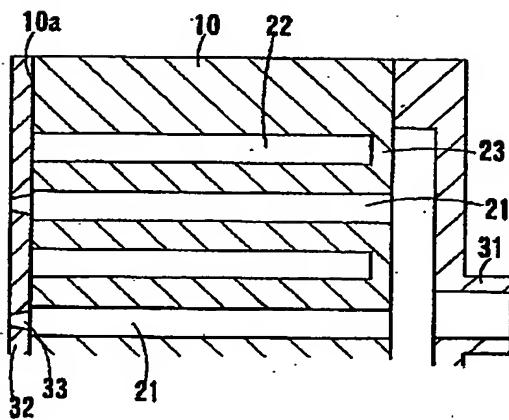
#### 【符号の説明】

10	アクチュエータ基板
21、22	インク溝、ダミー溝
30	カバー板
32	ノズル板
51	洗浄槽
53	超音波振動発生器
61	熱風発生装置
62	減圧装置

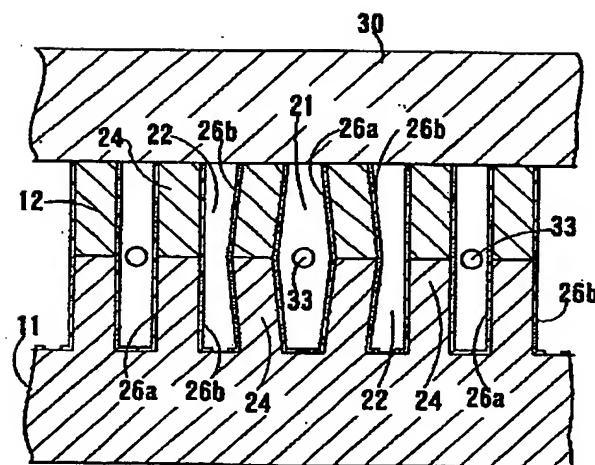
【図1】



【図2】

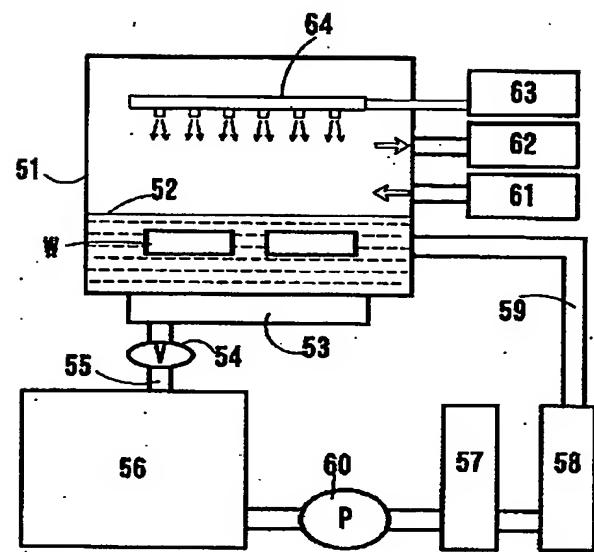


【図3】

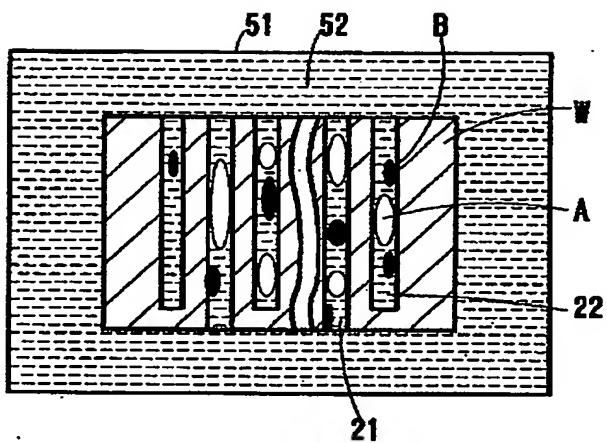


Best Available Copy

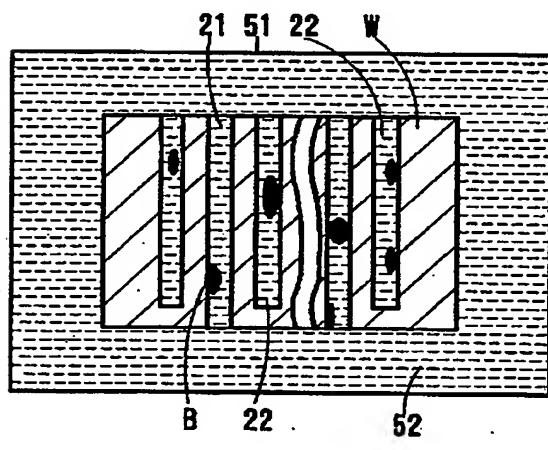
【図4】



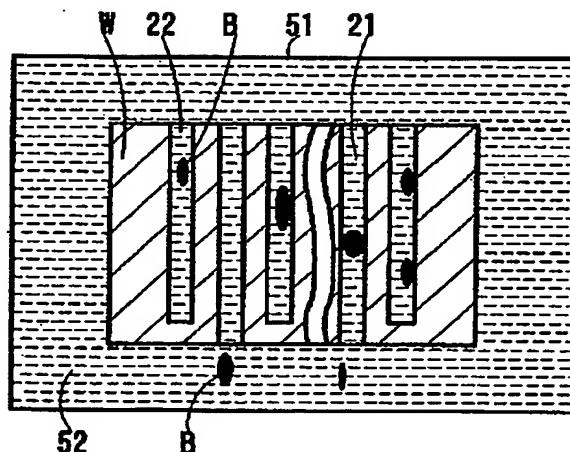
【図5】



【図6】

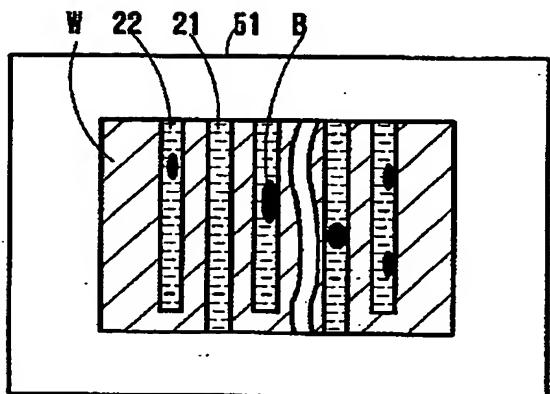


【図7】

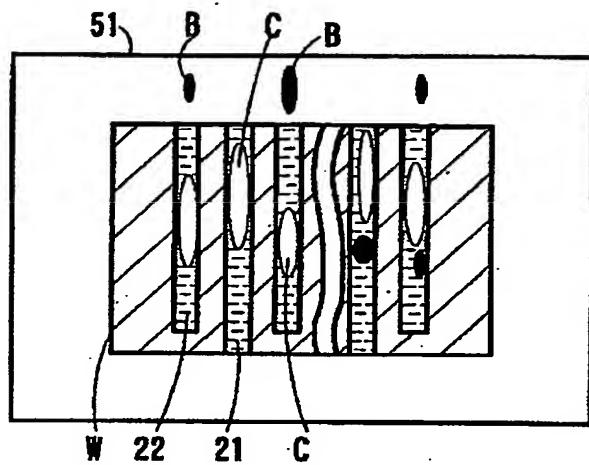


Best Available Copy

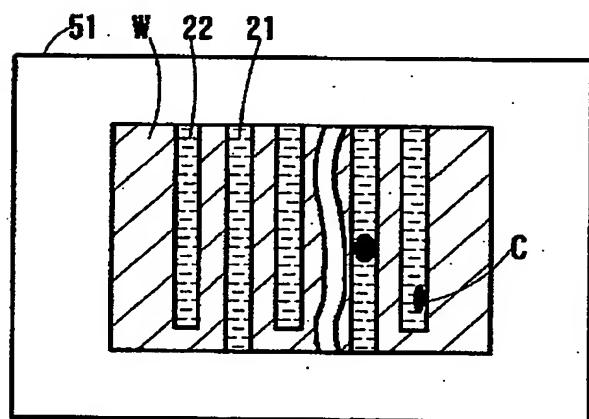
【図8】



【図9】



【図10】



(11) Japanese Patent Laid-Open No. 2000-229271

(43) Laid-Open Date: August 22, 2000

(21) Application No. 11-28321

(22) Application Date: February 5, 1999

(71) Applicant: Brother Industries, Ltd.

(72) Inventor: Hideo MARUYAMA and Shinsuke YAMANAKA

(54) [Title of the Invention] CLEANING METHOD, CLEANING APPARATUS, AND METHOD FOR PRODUCING INKJET HEAD

(57) [Abstract]

[Object] A cleaning method and cleaning apparatus capable of sufficiently removing unwanted materials from grooves having a large aspect ratio is proposed, and a method for producing a highly reliable inkjet head by employing the cleaning method is proposed.

[Solving Means] By immersing an object W to be cleaned, such as an inkjet head, having grooves with a large aspect ratio, in a cleaning fluid 52 in a depressurized environment, the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes bubbles remaining in the grooves of the object to be cleaned to be ejected and causes the cleaning fluid to spreads through every part of the groove. At this state, unwanted materials in the grooves are removed by first applying ultrasonic vibration. Then, by heating

the object to be cleaned and disposing the object to be cleaned in a depressurized environment, bumping of the cleaning fluid occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned. The force of the bumping removes unwanted materials from the grooves where ultrasonic vibration does not easily reach. Subsequently, a nozzle plate is bonded to the object to be cleaned in a manner such that nozzle holes correspond to the grooves.

[Claims]

[Claim 1] A cleaning method comprising:

    a first step of immersing an object to be cleaned in a cleaning fluid and applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid;

    a second step of removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity and heating the object to be cleaned, the second step being carried out after the first step; and

    a third step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned, the third step being carried out after the second step.

[Claim 2] The cleaning method according to Claim 1, further comprising:

    a step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid, the step being carried out before the first step.

[Claim 3] A cleaning method comprising:

    a first step of immersing an object to be cleaned in a cleaning fluid and disposing the object to be cleaned in a depressurized environment;

    a second step of removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity and heating the object

to be cleaned, the second step being carried out after the first step; and

a third step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned, the third step being carried out after the second step.

[Claim 4] The cleaning method according to Claim 3, further comprising:

a step of applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid, the step being carried out after the first step and before the second step.

[Claim 5] The cleaning method according to one of Claims 1 to 4, wherein the first to third steps are repeated.

[Claim 6] The cleaning method according to one of Claims 1 to 5, wherein the object to be cleaned has minute grooves inside the object to be cleaned.

[Claim 7] The cleaning method according to Claim 6, wherein the object to be cleaned is an inkjet head configured to carry out recording by discharging ink droplets from a plurality of grooves containing ink.

[Claim 8] The cleaning method according to one of Claims 1 to 7, wherein the cleaning fluid is water.

[Claim 9] A cleaning apparatus comprising:

a cleaning bath configured to contain a cleaning fluid for immersing an object to be cleaned;

an ultrasonic vibration generator configured to generate ultrasonic vibration to be applied to the cleaning fluid in the cleaning bath;

removal means for removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity after the object to be cleaned is cleaned by ultrasonic vibration;

heating means for heating the object to be cleaned in the cleaning bath after the cleaning fluid is removed; and

depressurization means for depressurizing the inside of the cleaning bath after the object to be cleaned is heated so that bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned.

[Claim 10] The cleaning apparatus according to Claim 9, wherein the depressurization means depressurizes the cleaning bath before ultrasonic vibration is applied to the cleaning fluid.

[Claim 11] A cleaning apparatus comprising:

a cleaning bath configured to contain a cleaning fluid for immersing an object to be cleaned;

removal means for removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity;

heating means for heating the object to be cleaned in the cleaning bath after the cleaning fluid is removed; and

depressurization means for depressurizing the inside of the cleaning bath,

wherein the depressurization means depressurizes the inside of the cleaning bath while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid and depressurizes the inside of the cleaning bath so that bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned after heating the object to be cleaned.

[Claim 12] The cleaning apparatus according to Claim 11, further comprising an ultrasonic vibration generator configured to generate ultrasonic vibration to be applied to the cleaning fluid while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid.

[Claim 13] The cleaning apparatus according to one of Claims 9 to 12, further comprising:

means for immersing the object to be cleaned in the cleaning fluid,

wherein cleaning is repeated by immersing the object to be cleaned in the cleaning fluid after causing bumping to occur in the cleaning fluid by depressurizing the inside of the cleaning bath.

[Claim 14] A method for producing an inkjet head including an actuator substrate having a plurality of grooves parallel to each other and a nozzle plate having nozzles hole corresponding to at least some of the grooves, the nozzle plate being bonded to the actuator substrate, the method comprising:

a first step of immersing the actuator substrate in a cleaning fluid and applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid;

a second step of removing the cleaning fluid from the actuator substrate and its vicinity and heating the actuator substrate, the second step being carried out after the first step;

a third step of disposing the actuator substrate in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the actuator substrate, the third step being carried out after the second step; and

a fourth step of bonding the nozzle plate onto the actuator substrate, the fourth step being carried out after the third step.

[Claim 15] A method for producing an inkjet head including an actuator substrate having a plurality of grooves parallel to each other and a nozzle plate having nozzles hole corresponding to at least some of the grooves, the nozzle plate being bonded to the actuator substrate, the method comprising:

a first step of immersing the actuator substrate in a cleaning fluid and disposing the actuator substrate in a depressurized environment;

a second step of removing the cleaning fluid from the actuator substrate and its vicinity and heating the actuator

substrate, the second step being carried out after the first step;

a third step of disposing the actuator substrate in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the actuator substrate, the third step being carried out after the second step; and

a fourth step of bonding the nozzle plate onto the actuator substrate, the fourth step being carried out after the third step.

[Claim 16] The method for producing an inkjet head according to Claim 14 or 15 further comprising:

a fifth step of bonding a cover plate on the upper surface of the actuator substrate to cover an open surface along the longitudinal direction of the grooves; and

a sixth step of grinding end surfaces of the actuator substrate and the cover plate at one end of the grooves,

wherein the fifth and sixth steps are carried out before the first step.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention] The present invention relates to a cleaning method, a cleaning apparatus, and a method for producing an inkjet head.

[0002]

[Description of the Related Art] As a basic structure of an

inkjet head, mechanical pressure is applied to ink by a piezoelectric element or the like or thermally generated pressure is applied to ink so as to discharge the ink from nozzle holes. An embodiment of such an inkjet head will be described with reference to Figs. 1, 2, and 3.

[0003] As shown in Fig. 1, an inkjet head includes an actuator substrate 10 having a plurality of ink grooves 21 and dummy grooves 22 provided on both sides of the ink grooves 21, a cover plate 30 covering the upper surface of the grooves, a manifold 31 for distributing ink to the ink grooves 21, and a nozzle plate 32 having nozzle holes 33 corresponding to the ink grooves 21.

[0004] The actuator substrate 10 includes two base materials 11 and 12 bonded together and composed of piezoelectric ceramic material, such as lead zirconate titanate (PZT) or lead titanate (PT). The base materials are polarized in opposite directions in the thickness direction. It is possible to compose only one of the base materials 11 and 12 with a piezoelectric material. On the base materials 11 and 12, a plurality of grooves parallel to each other forming the ink grooves 21 and the dummy grooves 22 are provided by cutting the base materials 11 and 12 in the thickness direction with a diamond blade 40 or the like. As a result, partition walls 24 separating the ink grooves 21 and the dummy grooves 22 have a structure in which the

piezoelectric materials having opposite polarization directions are stacked along the height direction of the partition walls 24.

[0005] As shown in Fig. 1, the ink grooves 21 are structured so that the front and rear ends in the longitudinal direction (i.e., ink discharge direction) are opened to the front and rear ends of the actuator substrate. The dummy grooves 22 have vertical portions 23 so that the dummy grooves 22 are open to the front end surface 10a but closed at a rear end surface 10b. As shown in Fig. 3, first electrodes 26a are provided on the side surfaces of the partition walls 24 in the ink grooves 21, and second electrodes 26a are provided on the side surfaces of the partition walls 24 in the dummy grooves 22. The cover plate 30 is bonded and fixed to an upper surface 10c of the actuator substrate 10 so as to cover the open surface along the longitudinal direction of the ink grooves 21 and the dummy grooves 22.

[0006] The nozzle plate 32 having the nozzle holes 33 corresponding to the ink grooves 21 is bonded and fixed to the front end surface 10a of the actuator substrate 10 and a front end surface of the cover plate 30, and the manifold 31 is bonded and fixed to the rear end surface.

[0007] Ink guided from an ink source to the manifold 31 is supplied to the ink grooves 21, whereas ink is not supplied

to the dummy grooves 22 due to the vertical portions 23. When the first electrode 26a in the ink grooves are connected to a common voltage, such as a ground, and a voltage is applied to the second electrodes 26b and 26b provided on the partition walls 24 and 24, which sandwich the ink grooves 21 for discharging ink, an electric field in a direction orthogonal to the polarization direction of the piezoelectric material is generated between the first and second electrodes 26a and 26b, on the side of the dummy grooves 22. As a result, as shown in Fig. 3, piezoelectric materials of the upper and lower parts of the partition walls 24 deform by shearing in opposite directions, causing the volume in the ink grooves to increase. Then, when the application of the voltage is stopped, the partition walls apply pressure to the ink in the ink grooves when they return to their original positions and cause ink to be discharged from the ink holes 33.

[0008]

[Problems to be Solved by the Invention] To form the electrodes 26a and 26b on the grooves 21 and 22, first, a conductive layer constituting the electrodes is applied to the entire surface of the actuator substrate 10 by electroless deposition or the like. Then, the upper surface 10c of the actuator substrate is ground flat to remove the conductive layer on the upper surface 10c. Subsequently,

the cover plate 30 is bonded onto the upper surface 10c, and, then, the front end surface 10a and 30a are ground flat and, at the same time, the conductive layer on the front end surface 10a is removed so that the front end surface 10a of the actuator substrate 10 and the front end surface 30a of the cover plate 30 are flush with each other. In this way, the electrodes 26a and 26b in the grooves 21 and 22, respectively, become independent of each other. Also, since the cover plate 30 and the actuator substrate 10 are at the flush with each other, the nozzle plate 32 can be easily bonded.

[0009] Grinding dust and dirt enter the grooves 21 and 22 while the grinding process is carried out and/or when the inkjet head is being delivered at a factory. Moreover, when grinding the front end surfaces 10a and 30a, a working fluid for cooling is supplied. If this fluid is left behind, the bonding performance is decreased. Therefore, it is necessary to wash the inkjet head so as to remove unwanted materials such as grinding dust, dirt, and working fluid.

[0010] In general, an ultrasonic cleaning apparatus is used to remove unwanted materials from a product. After the conductive layer on the upper surface 10c of the actuator substrate 10 is ground, unwanted material can be sufficiently removed by regular ultrasonic cleaning since the aspect ratio of grooves with respect to the upper

surface 10c, i.e., the ratio of the size of the opening to the depth, is relatively small.

[0011] However, after the cover plate 30 is bonded to the actuator substrate 10, the aspect ratio of the grooves with respect to the front end surfaces 10a and 30a becomes large (for example, the width is several tens of micrometers and the depth is about 10 mm). In particular, in the above-described inkjet head, since the front and rear ends of the ink grooves 21 are open whereas the rear ends of the dummy grooves 22 are closed, the aspect ratio is significantly large. Therefore, if cleaning is carried out after both of the front end surfaces are ground, cleaning fluid does not easily enter the grooves. Even if the cleaning fluid enters the grooves, ultrasonic vibration is not sufficiently transmitted. As a result, unwanted materials cannot be sufficiently removed. The working fluid used for grinding includes an oil-based component for rust prevention. If this component enters the grooves and remains after the cleaning, it comes out of the ends of the grooves when the cleaning fluid dries and evaporates and forms a film, decreasing the bonding performance. In an inkjet head, this film may cause ink to not discharge. Moreover, since, in general, an ultrasonic cleaning apparatus uses an organic solvent as a cleaning fluid, the cleaning fluid may be harmful to the operator and may catch fire.

[0012] The present invention addresses the above circumstances and proposes a cleaning method and a cleaning apparatus capable of sufficiently removing unwanted materials and also proposes a method for producing an inkjet head having high reliability by employing the cleaning method.

[0013]

[Means for Solving the Problems] To achieve the above-described object, a cleaning method according to Claim 1 of the present invention includes a first step of immersing an object to be cleaned in a cleaning fluid and applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid, a second step of removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity and heating the object to be cleaned wherein the second step is carried out after the first step, and a third step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned wherein the third step is carried out after the second step.

[0014] According to this aspect of the present invention, first, unwanted materials are removed from the object to be cleaned by ultrasonic vibration. Then, by heating the object to be cleaned and disposing the object to be cleaned in a depressurized environment, bumping of the cleaning fluid occurs in the cleaning fluid remaining in the object

to be cleaned. The force of bumping removes unwanted materials in areas where ultrasonic vibration does not easily reach.

[0015] In the above-described method, by preferably including a step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid and carrying out the step before the first step, the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes bubbles remaining in minute areas of the object to be cleaned to be ejected and the cleaning fluid to spread through every part of the minute areas. In this way, the cleaning effect by the ultrasonic vibration and bumping can be improved.

[0016] A cleaning method according to Claim 3 of the present invention includes a first step of immersing an object to be cleaned in a cleaning fluid and disposing the object to be cleaned in a depressurized environment, a second step of removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity and heating the object to be cleaned wherein the second step is carried out after the first step, and a third step of disposing the object to be cleaned in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned wherein the third step is carried out after the second step. According to this aspect of the present

invention, the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes bubbles remaining in minute areas of the object to be cleaned to be ejected and the cleaning fluid to spread through every part of the minute areas. Then, by heating the object to be cleaned and disposing the object in a depressurized environment, bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned. The force of bumping removes unwanted materials in areas where ultrasonic vibration does not easily reach.

[0017] In the above-described method, by preferably including a step of applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid after the first step and before the second step, the cleaning fluid reaches the minute areas of the object to be cleaned, enabling effective ultrasonic cleaning to be achieved. Moreover, the bumping allows unwanted materials to be removed from areas where ultrasonic vibration does not easily reach.

[0018] In the above-described method, by preferably repeating the first to third steps, more complete cleaning is possible.

[0019] The above-described method is preferable for an object to be cleaned that has minute grooves and is capable of effectively removing unwanted materials from these minute grooves. In particular, the method is preferable as a cleaning step in an inkjet head production process for an

inkjet head having a plurality of grooves.

[0020] In the above-described method, by preferably using water as a cleaning fluid, effective cleaning can be carried out by using bumping effectively. In particular, in this way, safety problems do not occur such as in a conventional case in which an organic solvent is used.

[0021] A cleaning apparatus according to Claim 9 of the present invention includes a cleaning bath configured to contain a cleaning fluid for immersing an object to be cleaned, an ultrasonic vibration generator configured to generate ultrasonic vibration to be applied to the cleaning fluid in the cleaning bath, removal means for removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity after the object to be cleaned is cleaned by ultrasonic vibration, heating means for heating the object to be cleaned in the cleaning bath after the cleaning fluid is removed, and depressurization means for depressurizing the inside of the cleaning bath after the object to be cleaned is heated so that bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned.

[0022] According to this aspect of the present invention, similar to the method according to Claim 1, unwanted materials in the object to be cleaned are removed by ultrasonic vibration, and the force of bumping removes unwanted materials in areas where ultrasonic vibration does

not easily reach.

[0023] In the above-described apparatus, by preferably depressurizing the cleaning bath before ultrasonic vibration is applied to the cleaning fluid, the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes bubbles remaining in minute areas of the object to be cleaned to be ejected and the cleaning fluid to spread through every part of the minute areas. In this way, the cleaning effect by ultrasonic vibration and bumping can be improved. A cleaning apparatus according to Claim 11 of the present invention includes a cleaning bath configured to contain a cleaning fluid for immersing an object to be cleaned, removal means for removing the cleaning fluid from the object to be cleaned and its vicinity, heating means for heating the object to be cleaned in the cleaning bath after the cleaning fluid is removed, and depressurization means for depressurizing the inside of the cleaning bath, wherein the depressurization means depressurizes the inside of the cleaning bath while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid and depressurizes the inside of the cleaning bath so that bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned after heating the object to be cleaned. According to this aspect of the present invention, similar to the method according to Claim 3, the pressure difference between the inside and outside of

the cleaning fluid causes bubbles remaining in minute areas of the object to be cleaned to be ejected and the cleaning fluid to spread through every part of the minute areas.

Then, the unwanted materials are effectively removed by the force of bumping.

[0024] In the above-described method, by preferably applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid while the object to be cleaned is immersed in the cleaning fluid, the cleaning fluid reaches the minute areas of the object to be cleaned, enabling effect ultrasonic cleaning to be achieved. Moreover, the bumping allows unwanted materials to be removed from areas where the ultrasonic vibration does not easily reach.

[0025] In the above-described methods, by preferably including means for immersing the object to be cleaned in the cleaning fluid and by repeating cleaning by immersing the object to be cleaned in the cleaning fluid after causing bumping to occur in the cleaning fluid by depressurizing the inside of the cleaning bath, more complete cleaning is possible.

[0026] A method according to Claim 14 for producing an inkjet head, which includes an actuator substrate having a plurality of grooves parallel to each other and a nozzle plate having nozzles hole corresponding to at least some of the grooves wherein the nozzle plate is bonded to the

actuator substrate, includes a first step of immersing the actuator substrate in a cleaning fluid and applying ultrasonic vibration to the cleaning fluid, a second step of removing the cleaning fluid from the actuator substrate and its vicinity and heating the actuator substrate wherein the second step is carried out after the first step, a third step of disposing the actuator substrate in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the actuator substrate wherein the third step is carried out after the second step, and a fourth step of bonding the nozzle plate onto the actuator substrate wherein the fourth step is carried out after the third step.

[0027] According to this aspect of the present invention, first unwanted materials are removed from the actuator substrate or, more specifically, from grooves by ultrasonic vibration. Then, by heating the actuator substrate and disposing the actuator substrate in a depressurized environment, bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the grooves. The force of bumping removes unwanted materials deep in the grooves where ultrasonic vibration does not easily reach. Similar to the method according to Claim 2, by carrying out depressurization while the actuator substrate is immersed in the cleaning fluid, the cleaning effect is improved even more. Subsequently, by bonding the nozzle plate, faulty discharges due to unwanted materials do

not occur many times or, in other words, a highly reliable inkjet head is produced.

[0028] A method according to Claim 15 for producing an inkjet head, which includes an actuator substrate having a plurality of grooves parallel to each other and a nozzle plate having nozzles hole corresponding to at least some of the grooves wherein the nozzle plate is bonded to the actuator substrate, includes a first step of immersing the actuator substrate in a cleaning fluid and disposing the actuator substrate in a depressurized environment, a second step of removing the cleaning fluid from the actuator substrate and its vicinity and heating the actuator substrate wherein the second step is carried out after the first step, a third step of disposing the actuator substrate in a depressurized environment and causing bumping to occur in the cleaning fluid remaining in the actuator substrate wherein the third step is carried out after the second step, and a fourth step of bonding a nozzle plate onto the actuator substrate wherein the fourth step is carried out after the third step.

[0029] According to this aspect of the present invention, first the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes bubbles remaining in minute areas of the actuator substrate or, more specifically, grooves to be ejected and the cleaning fluid to spread

through every part of the grooves. Then, by heating the object to be cleaned and disposing the object to be cleaned in a depressurized environment, bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned. The force of bumping removes unwanted materials in the grooves. Similar to the method according to Claim 4, by also using ultrasonic vibration, the cleaning effect is improved even more. Subsequently, by bonding the nozzle plate, faulty discharges due to unwanted materials do not occur many times or, in other words, a highly reliable inkjet head is produced.

[0030] For an inkjet head produced by a method further including a step of bonding a cover plate on the upper surface of the actuator substrate to cover an open surface along the longitudinal direction of the grooves and a step of grinding end surfaces of the actuator substrate and the cover plate on one end of the grooves, wherein the steps are carried out before the fist step, the grinding dust, dirt, and working fluid used for grinding can be easily removed by carrying out a cleaning process including the above-described steps, although the aspect ratio of the grooves is significantly great.

[0031]

[Embodiments] Details of an embodiment of the present invention will be described below. Similar as a known

inkjet head, an inkjet head according to this embodiment includes an actuator substrate 10, a cover plate 30, a manifold 31, a nozzle plate 32, etc. Detailed descriptions of the structure and production method of the inkjet head according to this embodiment that are the same as those of a known inkjet head are omitted.

[0032] Fig. 4 illustrates the overall structure of a cleaning apparatus. An object W to be cleaned, i.e., the actuator substrate 10 with the cover plated 30 attached, is contained in a cleaning bath 51 containing cleaning fluid 52 so that the object W to be cleaned is supported by a supporting device (not shown in the drawing) and is immersed in the cleaning fluid 52. At the bottom of the cleaning bath 51, an ultrasonic vibration generator 53 configured to apply ultrasonic vibration to the cleaning fluid 52 is provided. The bottom of the cleaning bath is connected to a retention tank 56 via a drainage pipe 55 having an openable and closable valve 54. By opening the valve 54, the cleaning fluid 52 in the cleaning bath can be drained into the retention tank 56.

[0033] The retention tank 56 is connected to the cleaning bath 51 via a pump 60 and a circulation path 59 passing through filters 57 and 58. By driving the pump 60, the cleaning fluid in the retention tank is circulated through the cleaning bath 51 as the cleaning fluid is filtered two

times at the filter 57 (for example, a mesh of about 10  $\mu\text{m}$ ) and the filter 58 (for example, a mesh of about 1  $\mu\text{m}$ ).

[0034] Above the surface of the cleaning fluid, a hot-air generator 61 and a depressurization apparatus 62 are connected to the cleaning bath 51 via conduit pipes and a cleaning fluid supplying apparatus 63 is connected to a liquid-dispersing pipe 64 having a plurality of liquid-dispersing outlets. The liquid-dispersing pipe 64 is disposed above the object W to be cleaned to shower the cleaning fluid supplied from the cleaning fluid supplying apparatus 63 onto the object W to be cleaned.

[0035] It is preferable to use pure water as the cleaning fluid 52.

[0036] The ultrasonic vibration generator 53, the valve 54, the pump 60, the hot-air generator 61, the depressurization apparatus 62, and the cleaning fluid supplying apparatus 63 are connected to a control apparatus, not shown in the drawing, and carry out a series of steps of a cleaning process described below. Figs. 5 to 10 illustrate the cleaning process.

[0037] First, the cleaning bath 51 is filled with a predetermined amount of the cleaning fluid 52, and the object W to be cleaned is immersed in the cleaning fluid 52. At this state, as shown in Fig. 5, unwanted materials B remain in ink grooves 21 and dummy grooves 22, and bubbles A

remain in areas where the cleaning fluid has not reached. At this state, by driving the depressurization apparatus 62 to depressurize the upper space in the cleaning bath 51 to a vacuum, the bubbles A rise due to the pressure difference between the upper space and the cleaning fluid. As a result, as shown in Fig. 6, the cleaning fluid reaches the grooves 21 and 22.

[0038] Then, as shown in Fig. 7, when the ultrasonic vibration generator 53 is driven to apply ultrasonic vibration to the cleaning fluid 52, the unwanted materials in the grooves 21 and 22 are removed. After carrying out ultrasonic cleaning, the valve 54 is opened to drain the cleaning fluid 52 into the retention tank 56 so as to remove the cleaning fluid from the object W to be cleaned and its vicinity, as shown in Fig. 8. However, the cleaning fluid remains in the grooves 21 and 22. At this state, the hot-air generator 61 is driven to heat the object W to be cleaned. The temperature of the hot air supplied to the cleaning bath 51 is between 100°C and 120°C. Then, when the depressurization apparatus 62 is driven to depressurize the cleaning bath 51 to, for example, about 30 mTorr, the warm cleaning fluid in the grooves 21 and 22 easily boils, causing so-called bumping. At this time, as shown in Fig. 9, the expansion of bubbles C causes the unwanted materials B to be ejected from the grooves 21 and 22.

[0039] If the unwanted materials B still remain, as shown in Fig. 10, after the above-described cleaning process is carried out, the pump 60 is driven to supply the cleaning fluid in the retention tank 56 to the cleaning bath 51 so as to repeat the above-described process. After cleaning is completed, the cleaning fluid supplying apparatus 63 is driven to shower the object W to be cleaned with a new cleaning fluid from the liquid-dispersing pipe 64.

[0040] In the description above, the cleaning fluid was removed from the object W to be cleaned and the vicinity by draining the cleaning fluid from the cleaning bath 51 after carrying out ultrasonic cleaning. However, a supporting device (not shown in the drawings) supporting the object W to be cleaned may be moved above the surface of the cleaning fluid. In such a case, the supporting device can be lowered into the cleaning fluid together with the object W to be cleaned so as to repeat the cleaning process again.

[0041] According to the above-described structure, by disposing the object W to be cleaned in a depressurized environment while immersing the object W to be cleaned in the cleaning fluid 52, the pressure difference between the inside and outside of the cleaning fluid causes the bubbles remaining in the grooves 21 and 22 of the object W to be cleaned to be ejected and the cleaning fluid to spread through every part of the grooves. In this condition, by

applying ultrasonic vibration, unwanted materials in the grooves can be effectively removed. Furthermore, by heating the object to be cleaned and disposing the object in a depressurized environment, bumping occurs in the cleaning fluid remaining in the object to be cleaned. The force of bumping removes unwanted materials in grooves having a large aspect ratio in which ultrasonic vibration does not easily reach. Moreover, by repeating these steps, as required, substantially perfect cleaning can be achieved. In this process, by using water as the cleaning fluid, effective cleaning is possible by causing bumping, as described above, and, moreover, safety problems such as those that occur when organic solvents are used do not occur.

[0042] Accordingly, when the front end surfaces of the actuator substrate 10a and the cover plate 30 are ground, grinding dust, dirt, and working fluid for cooling used when grinding that have entered the grooves 21 and 22 are substantially completely removed. As a result, the nozzle plate 32 can be sufficiently bonded. Furthermore, since the grinding dust and dirt does not clog the grooves and the working fluid does not form a film, a highly reliable inkjet head can be produced.

[0043] The cleaning according to the above-described embodiment is carried out after bonding the cover plate 30 to the actuator substrate 10. However, the cleaning may be

carried out only to the actuator substrate before the cover plate 30 is bonded. Moreover, the cleaning may be employed for cleaning objects other than inkjet heads.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] Fig. 1 is an exploded perspective view of an inkjet head according to the present invention.

[Fig. 2] Fig. 2 is a partial horizontal cross-sectional view of an inkjet head.

[Fig. 3] Fig. 3 is an exploded cross-sectional view where the cross-section is taken along a line orthogonal to grooves on an inkjet head.

[Fig. 4] Fig. 4 is a cross-sectional view of a cleaning apparatus according to an embodiment of the present invention.

[Fig. 5] Fig. 5 illustrates a cleaning process.

[Fig. 6] Fig. 6 illustrates a cleaning process.

[Fig. 7] Fig. 7 illustrates a cleaning process.

[Fig. 8] Fig. 8 illustrates a cleaning process.

[Fig. 9] Fig. 9 illustrates a cleaning process.

[Fig. 10] Fig. 10 illustrates a cleaning process.

[Reference Numerals]

10: actuator substrate

21 and 22: ink grooves and dummy grooves

30: cover plate

32: nozzle plate

51: cleaning bath

53: ultrasonic vibration generator 53

61: hot-air generator

62: depressurization apparatus